

# ИССЛЕДОВАНИЕ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ПРИВОДАХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

В запропонованій роботі розглянуті умови виникнення крутильних коливань в приводах круглошлифовальних верстатів

The present paper considers the conditions of torsional vibration appearance in circular grinder drives

В настоящее время, значительно, возросли требования к качеству шлифованных деталей, в том числе к погрешности их формы. Этому способствует снижение колебаний в зоне резания. Динамика приводов круглошлифовальных станков исследована в работе [2]. Здесь показаны причины колебаний в приводах. Наличие переменной составляющей силы  $P_z$  вызывает вынужденные колебания приводов, что приводит к неравномерности вращения детали и круга. Этому способствует изменение угла закрутки между обрабатываемой деталью и шлифовальным кругом через зону резания.

Целью настоящей статьи является исследование замкнутой цепной колебательной системы приводов круглошлифовального станка с учётом параметров зоны резания.

На рис. 1 представлена схема цепной крутильно-колебательной системы приводов изделия и круга приведенной к зоне резания, на базе круглошлифовального станка мод.3К152ВФ20 Харьковского станкозавода. Система представлена четырьмя дисками, соединенными жёсткими элементами с вязким трением. Здесь жёсткости:  $c_1$  – электромагнитной связи электродвигателя привода изделия;  $c_2$  – клиноременной передачи привода изделия;  $c_3$  – стыка между обрабатываемой деталью и кругом (зоны резания);  $c_4$  – клиноременной передачи привода круга;  $c_5$  – электромагнитной связи электродвигателя привода круга.

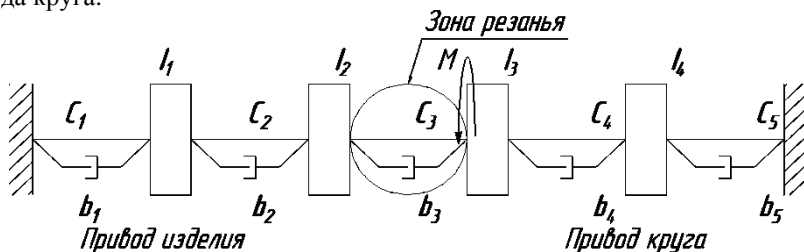


Рис.1.Цепная крутильная система приводов станка

В приводе изделия используется двигатель постоянного тока с тирристорным управлением и бесступенчатым регулированием, а в приводе круга асинхронный двигатель. Вследствие большой инерционности электрической сети на левом и правом концах системы приняты жёсткие заделки.  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$  - коэффициенты демпфирования в вышеперечисленных элементах. Моменты инерции соответственно:  $I_1$  – ротора электродвигателя в приводе изделия с закрепленным на нем шкивом;  $I_2$  – планшайбы привода изделия с обрабатываемой деталью;  $I_3$  – шпинделя со шлифовальным кругом и закрепленными на них деталями;  $I_4$  – ротора электродвигателя в приводе круга с закрепленным на нем шкивом;

На периферии круга действует вынуждающий момент:

$$M = M_{cp} + M_{nep} \cdot \sin \omega t, \quad (1)$$

где  $M_{cp}$  – средняя величина постоянной составляющей силы резания  $M_{nep}$  – амплитуда переменной составляющей силы  $P_z$ , вызванной неуравновешенностью круга;  $\omega$  – круговая частота вращения круга;  $t$  – время.

Расчет моментов инерции, жесткостей клиноременных передач и электромагнитной связи двигателей осуществлялся по методике [1].

Методика определения крутильной жёсткости в зоне резания предложена нами в [2]. Она определяется зависимостью  $c_p = n_p^2 \cdot I_2 \cdot I_3 / (I_2 + I_3)$ , где  $n_p$  – парциальная частота крутильных колебаний моментов инерции  $I_2$  и  $I_3$ . Значения коэффициентов демпфирования в элементах системы можно найти воспользовавшись данными литературы [3] с использованием зависимостей.  $b_k = T_{bk} \cdot c_k$ , где  $T_{bk}$  – постоянная времени  $k$ -го элемента в системе.

В работе были проведены расчеты для разнообразных параметров системы и занесены в таблицы. В качестве примера, представлена одна из таблиц, в которой входными переменными является скорость вращения шлифовального круга. Она взята с учётом перспектив её повышения в будущем. Дифференциальные уравнения колебательной системы на рис.1 имеют вид:

$$\begin{cases} I_1 \ddot{\varphi}_1 + (b_1 + b_2) \dot{\varphi}_1 - b_2 \dot{\varphi}_2 + (c_1 + c_2) \varphi_1 - c_2 \varphi_2 = 0 \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 - b_2 \dot{\varphi}_1 + (b_2 + b_3) \dot{\varphi}_2 - b_3 \dot{\varphi}_3 - c_2 \varphi_1 + (c_2 + c_3) \varphi_2 - c_3 \varphi_3 = 0 \\ I_3 \ddot{\varphi}_3 - b_3 \dot{\varphi}_2 + (b_3 + b_4) \dot{\varphi}_3 - b_4 \dot{\varphi}_4 - c_3 \varphi_2 + (c_3 + c_4) \varphi_3 - c_4 \varphi_4 = M_{cp} + M_{nep} \sin \omega t(2) \\ I_4 \ddot{\varphi}_4 - b_4 \dot{\varphi}_3 + (b_4 + b_5) \dot{\varphi}_4 - c_4 \varphi_3 + (c_4 + c_5) \varphi_4 = 0 \end{cases}$$

По данной системе дифференциальных уравнений была составлена блок-схема моделирования в пакете VisSim (рис.2).

Таблица – Входные параметры приводов станка с вариациями по скорости шлифовального круга.

V, м/с	D <sub>кр</sub> =750 мм; H <sub>кр</sub> =100 мм; d <sub>3ЛГ</sub> =60 мм; L <sub>3ЛГ</sub> =95 мм								
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
20	0,294	0,046	8,33	0,17	3,086E+4	2,028E+3	131,287	2,484E+3	1,544E+3
35	0,294	0,046	8,33	0,17	3,086E+4	2,028E+3	402,067	2,484E+3	1,544E+3
50	0,294	0,046	8,33	0,17	3,086E+4	2,028E+3	820,544	2,484E+3	1,544E+3
80	0,294	0,046	8,33	0,17	3,086E+4	2,028E+3	2,101E+3	2,484E+3	1,544E+3
100	0,294	0,046	8,33	0,17	3,086E+4	2,028E+3	3,282E+3	2,484E+3	1,544E+3

Продолжение таблицы

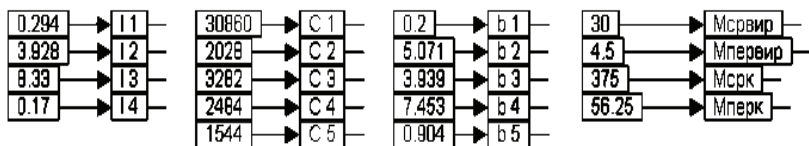
V, м/с	D <sub>кр</sub> =750 мм; H <sub>кр</sub> =100 мм; d <sub>3ЛГ</sub> =60 мм; L <sub>3ЛГ</sub> =95 мм							
	b1	b2	b3	b4	b5	w, 1/с	M с <sub>кр</sub>	M пер <sub>кр</sub>
20	0,2	5,071	0,158	7,453	0,904	53,333	375	56,25
35	0,2	5,071	0,482	7,453	0,904	93,333	375	56,25
50	0,2	5,071	0,985	7,453	0,904	133,333	375	56,25
80	0,2	5,071	2,521	7,453	0,904	213,333	375	56,25
100	0,2	5,071	3,939	7,453	0,904	266,667	375	56,25

В блоке **а** вводятся необходимые входные данные колебательной системы: моменты инерции, жёсткости, коэффициенты демпфирования, крутящие моменты и прочие, которые были заранее рассчитаны и занесены в соответствующие таблицы. Из таблиц эти параметры выбираются, учитывая необходимые данные: скорости шлифовального круга, диаметры и высоты шлифовального круга, а также диаметры и длины шлифования обрабатываемой заготовки (виробу).

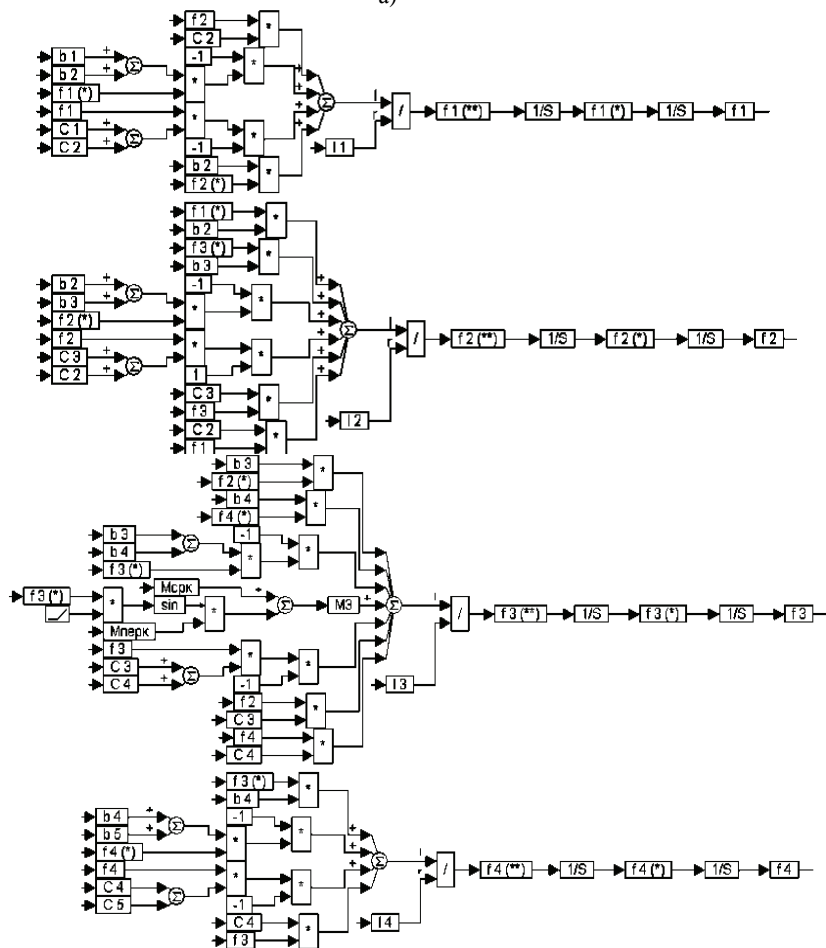
В блоке **б** смоделирована система дифференциальных уравнений (2), где с помощью применения интеграторов 1/S есть возможность определять углы закрутки элементов системы. Как видно, этот блок состоит из четырёх основных частей, каждая из которых отвечает за соответствующую массу системы.

В блоке **в** непосредственно моделируются относительные крутильные колебания круга и детали в максимальном их значении ( $\varphi_2 + \varphi_3$ ). Здесь крутильные моменты на шлифовальном круге и обрабатываемой детали имеют форму синусоидальной зависимости. Далее момент делится на жёсткость системы в зоне резания, вследствие чего мы получаем суммарный угол закрутки системы при встречном шлифовании.

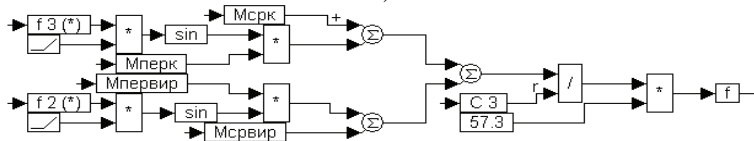
В результате моделирования колебательной системы станка в системе прикладных программ VisSim получаем осциллограммы зависимостей, которые строятся с помощью специального блока *PLOT*.



a)



b)



v)

Рис.2. Блок-схема моделирования системы приводов станка в пакете VisSim

В качестве примера, на рис. 3 представлена осциллограмма углов закрутки относительно обрабатываемого изделия и круга ( $\varphi_2 + \varphi_3$ ) в зоне резания для скорости шлифовального круга 50 м/с, диаметра круга– 750 мм, высоты круга– 100 мм, диаметра изделия 60 мм и длины шлифования – 95 мм.

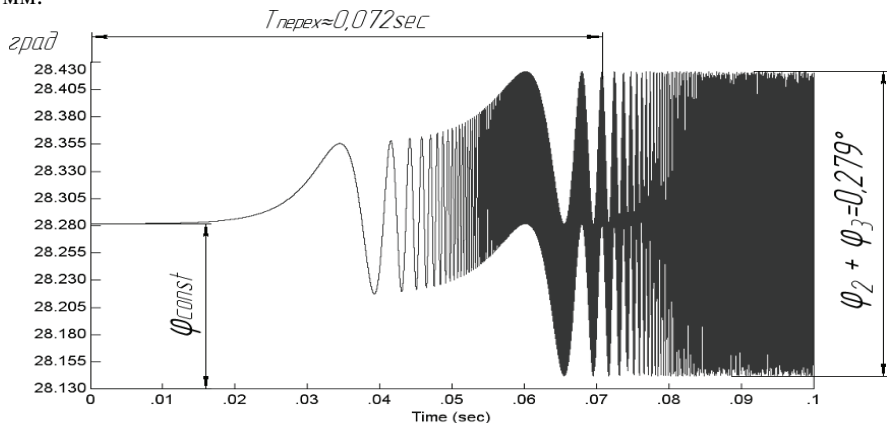


Рис. 3. Осциллограмма крутильных колебаний в зоне резания для  $V_{кр}=50$  м/с.

Данные наблюдения по скорости шлифовального круга были сведены к графическим зависимостям, которые представлены на рис.4. Откуда видно, что относительные углы закрутки шлифовального круга и изделия с увеличением скорости шлифовального круга уменьшаются. С повышением скорости шлифовального круга время переходного процесса до установившихся колебаний будет уменьшаться. Аналогичные исследования были проведены для таких меняющихся параметров: диаметра шлифовального круга, его высоты, диаметра обрабатываемого изделия, а также его длины шлифования. Результаты этих исследований представлены на рис. 5-7.

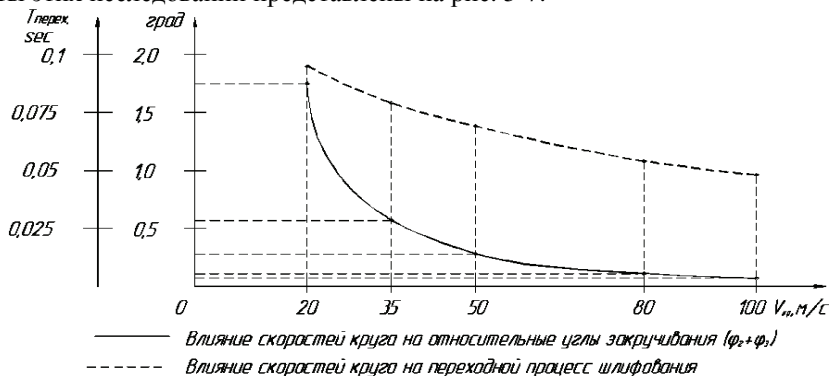


Рис. 4 – Зависимость относительных углов закручивания шлифовального круга и изделия, а также времени переходного процесса от скорости шлифовального круга

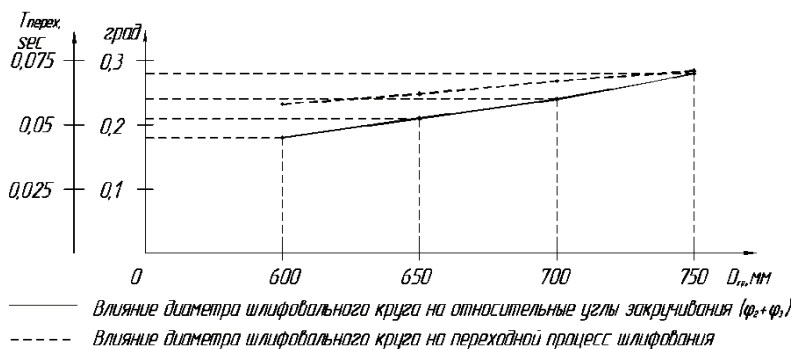


Рис. 5 – Зависимость относительных углов закручивания шлифовального круга и изделия а также времени переходного процесса от диаметра шлифовального круга

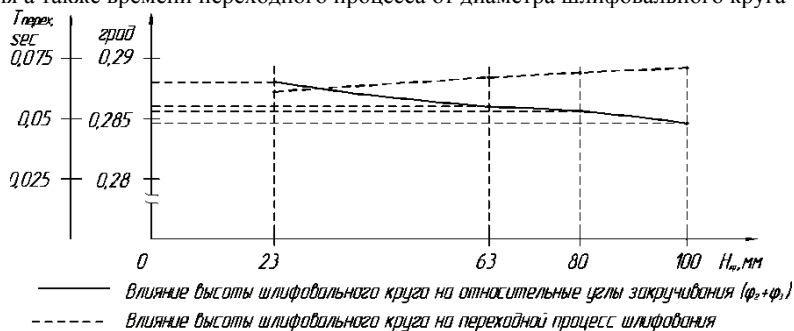


Рис. 6. – Зависимость относительных углов закручивания круга и изделия а также времени переходного процесса от высоты круга

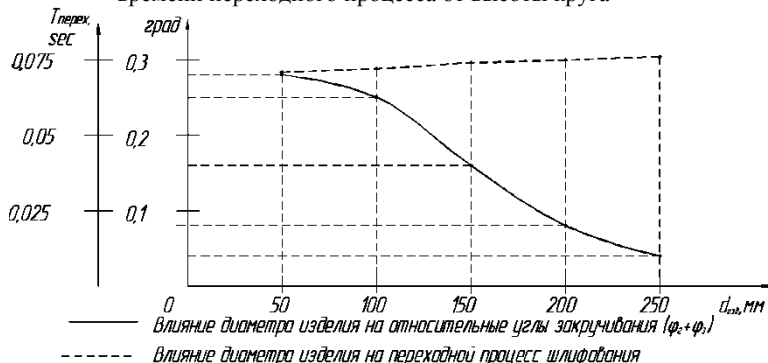


Рис. 7 – Зависимость относительных углов закручивания круга и изделия а также времени переходного процесса от диаметра изделия

Выводы: 1. При шлифовании на круглошлифовальных станках кругами большого диаметра имеют место возмущающие колебания приводов станков с частотой вращения шлифовального круга. 2. Учет жесткости и демпфирования зоны резания даёт возможность представить приводы станков в виде

замкнутой цепной колебательной системы, что повышает точность исследования. 3. При проектировании круглошлифовальных станков для учета колебательных процессов в них, целесообразно осуществлять предварительное моделирование этих процессов в пакете прикладных программ VisSim. 4. Применение этих программ даёт возможность установить величины углов относительной закрутки, а также начало установившихся колебаний в системе в зависимости от различных технологических параметров.

Список литературы: 1..Ривин Е. И. Динамика привода станков. “Машиностроение”, Москва, 1966. – 205 с. 2.Серховец О.И. Определение крутильных колебаний в приводах круглошлифовальных станков. Вестник НТУ «ХПИ» Харьков, 18, 2006. –С.13-20..3.Кедров. С.С. Колебания металлорежущих станков. – Москва, “Машиностроение”,1978, -199с.

*Поступила в редколлегию 15.02.08*

**УДК 621.793.7**

*К. А. ДАНЬКО*

### **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ НАНЕСЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ И РАЗРАБОТКА КОМПОНОВОЧНОЙ СХЕМЫ ДВУХКАМЕРНОГО ГЕНЕРАТОРА ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА**

У статті виконано аналіз існуючих у машинобудуванні функціональних покриттів, наводяться приклади їх класифікації за призначенням та областю застосування, досліджено області в яких вже застосовуються та ті, в яких слід використати той чи інший вид покриттів. Крім того, запропоновано огляд існуючих методів газотермічного нанесення покриттів. Проаналізовано основні компоновальні схеми існуючих газогенераторів високотемпературних високошвидкісних двофазних потоків та запропоновано нову компоновальну схему.

In the article it has been done the analysis of the functional coatings that present in engineering industry. It's given an examples of their function and field of application grading. It has been investigated the existent nowadays fields of application of different kinds of coatings and that one, in which coatings should be used. Besides, there is a review of present methods of gas-thermal deposition of the coatings. It has been analyzed the basic lay-out diagrams of high-temperature high-speed two-phase stream and has been proposed a new lay-out diagram.

Применение защитных покрытий – кардинальное и экономически эффективное решение проблем увеличения удельной мощности, надежности и долговечности современных машин и механизмов. Защитные покрытия не